

明 細 書

走査型プローブ顕微鏡

技術分野

- [0001] 本発明は、走査型プローブ顕微鏡に関し、特に、光てこ法を用いた走査型プローブ顕微鏡に関する。

背景技術

- [0002] 従来から、光てこ法を用いた走査型プローブ顕微鏡が知られている(例えば下記特許文献1や非特許文献1、2を参照)。なお、本明細書においては、走査型プローブ顕微鏡とは、AFM(原子間力顕微鏡)や磁気力顕微鏡など、光てこ法を用いることができる顕微鏡を意味するものとする。また、AFMには、探針を試料表面に接触させない形態と、接触させる形態とがある。この明細書における走査型プローブ顕微鏡は、両形態を含んでいる。
- [0003] このような従来の走査型プローブ顕微鏡(以降の説明ではSPMと略称することがある)では、カンチレバーの表面にレーザ光を照射し、反射光をフォトダイオードで受光する。この受光量の変化に基づいて、カンチレバーの変位を検出することができる。
- [0004] ところで、従来のSPMでは、受光量の増大を図るために、受光素子としてのフォトダイオードをカンチレバーの近傍に配置している。
- [0005] しかしながら、フォトダイオードが試料の近傍にあると、試料に対して極低温、高真空または強磁場のような厳しい環境を与えようとしたときに、この環境がフォトダイオードに影響して測定が難しくなることがある。
- [0006] また、従来のSPMでは、カンチレバーを移動させて試料を走査することが難しいため、試料を移動させる必要があり、このため、装置が大型化したり、大きな試料を用いることが難しいという問題もある。
- [0007] この問題を解決するために、光ファイバ干渉計によりカンチレバーの変位を検出しようとする提案もされている。しかしながら、この方法には、取り扱いが難しいという問題がある。
- [0008] 特許文献1:特開平6-323847号公報

非特許文献1:Gerhard Meyer and Nabil M. Amer, Appl. Phys. Lett. 53, 1045 (1988)

非特許文献2:S. Alexander, L. Hellemans, O. Marti, J. Schneir, V. Elings, P. K.

Hansma, Matt Longmire, and John Gurley, J. Appl Phys. 65, 164 (1989)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0009] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、厳しい環境下でも使用が容易な走査型プローブ顕微鏡を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明に係る走査型プローブ顕微鏡は、カンチレバーと、発光部と、受光部とを備えている。前記発光部は、発光素子と入力用導光体とを備えている。前記入力用導光体は、前記発光素子からの光を前記カンチレバーの表面に向けて照射する構成となっている。前記受光部は、出力用導光体と受光素子とを備えている。前記出力用導光体は、前記表面で反射した前記光を前記受光素子に導く構成となっている。
- [0011] 前記入力用導光体および出力用導光体を、いずれも光ファイバにより構成することができる。
- [0012] 前記出力用導光体を、複数の光ファイバにより構成することもできる。
- [0013] 前記複数の光ファイバの先端に、前記カンチレバーからの反射光を前記複数の光ファイバにそれぞれ集光するための略球形状のレンズをそれぞれ配置してもよい。さらに、前記レンズどうしの対向面をほぼ平面状とし、かつ、互いに隣接させることもできる。
- [0014] 前記カンチレバーの先端に探針を取り付けることもできる。
- [0015] 前記発光素子をレーザダイオードとしてもよい。
- [0016] 前記受光素子をフォトダイオードとしてもよい。

発明の効果

- [0017] 本発明の走査型プローブ顕微鏡によれば、厳しい環境下でも使用が容易な走査型プローブ顕微鏡を提供することができる。

発明を実施するための最良の形態

[0018] (実施形態の構成)

以下、本発明の一実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡(SPM)を、図1を参照して説明する。このSPMは、カンチレバー1と、探針2と、発光部3と、受光部4とを備えている。

[0019] カンチレバー1は、その基部が支持された片持ち梁となっており、先端に加えられた力により先端位置が変位するようになっている。探針2は、カンチレバー1の先端下面に取り付けられている。これらの構成は従来のSPMと同様である。

[0020] 発光部3は、発光素子31と入力用導光体32とレンズ33とを備えている。発光素子31としては、例えばレーザダイオードである。発光素子31は、図示しない回路により駆動されるようになっている。

[0021] 入力用導光体32は、この実施形態では、1本の光ファイバにより構成されている。入力用導光体32は、発光素子31の近傍からレンズ33まで光を伝送する構成となっている。これにより、入力用導光体32は、発光素子31からの光をカンチレバー1の表面に向けて照射できるようになっている。

[0022] レンズ33は、入力用導光体32からの光を集光してカンチレバー1の表面に照射する構成となっている。この実施形態では、レンズ33として平凸レンズが用いられている。

[0023] 受光部4は、レンズ41と、出力用導光体42と、受光素子43とを備えている。レンズ41は、二つの球形状レンズ411および412から構成されている。二つの球形状レンズ411と412との対向面は、ほぼ平面状に形成され、かつ、隣接して接合されている(図1参照)。

[0024] 出力用導光体42は、この実施形態では、2本の光ファイバ421および422によって構成されている。ただし、光ファイバの本数としては、1本とすることも、3本以上とすることも可能である。光ファイバ421の一端は、球形状レンズ411で集められた光を受け入れるようになっている。光ファイバ422の一端は、球形状レンズ412で集められた光を受け入れるようになっている。光ファイバ421および422の他端は、受光素子43まで延長されている。つまり、出力用導光体42は、カンチレバー1の表面で反射した光を受光素子43に導く構成となっている。

[0025] 受光素子43は、この実施形態では、二つのフォトダイオード431および432によって構成されている。フォトダイオード431は、光ファイバ421の他端に面する位置に配置されて、光ファイバ421からの光を受光するようになっている。フォトダイオード432は、光ファイバ422の他端に面する位置に配置されて、光ファイバ422からの光を受光するようになっている。受光素子43は、図示しない回路に接続されており、各フォトダイオード431および432での受光による出力をそれぞれ取り出すことができるようになっている。

[0026] (実施形態の動作)

つぎに、前記のように構成された本実施形態のSPMの動作について説明する。まず、発光素子31を発光させる。これによる光は、入力用導光体32とレンズ33とを介してカンチレバー1の表面に照射される。カンチレバー1の表面で反射した光は、レンズ41と出力用導光体42とを介して、受光素子43に照射される。受光素子43では、受光量に応じた起電力が発生し、この起電力から受光量が算出される。

[0027] この状態で、従来のSPMと同様に、試料に対して探針2を走査する。すると、探針と試料との相対移動に伴い、カンチレバー1の先端の位置が変化する。すると、カンチレバー1での光の反射角が変わり、レンズ41に入射する光の量が変わる。例えば、レンズ411への光量が増加し、レンズ412への光量が減少する。これにより、フォトダイオード431および432における起電力が変動する。この変動に基づいて、カンチレバー1の変位量(つまりAFMであれば試料の表面形状)を検出することができる。

[0028] この実施形態では、出力用導光体42を用いているので、受光素子43をカンチレバー1から離間させることができる。すると、カンチレバー1を極低温や強磁場のような過酷な状況に置いても、受光素子43をその環境から隔離することができ、受光量の検出を精度良く行うことが可能となるという利点がある。つまり、過酷な環境下であっても、SPMを用いた測定が可能となる。

[0029] さらに、この実施形態では、入力用導光体32により、発光素子31もカンチレバー1から離間している。このため、この実施形態では、カンチレバー1と、レンズ33と、入力用導光体32の先端と、レンズ41と、出力用導光体42の先端とを、発光素子31や

受光素子43とは独立して移動させることが可能となる。このため、カンチレバー1を試料に対して移動させることが容易となるという利点がある。これにより、この実施形態のSPMによれば、試料を移動させる必要がなくなり、大きな試料を扱うことも可能になる。

[0030] また、この実施形態では、二つの光ファイバ421および422を用いて、二つのフォトダイオード431および432に光を照射しているので、差動検出が可能となり、出力として得られる信号強度を高めることができる。つまり微少な光量変化の検出が容易となる。

[0031] さらに、この実施形態では、二つの光ファイバ421および422を用いているので、一つの光ファイバを用いる場合に比較して、安定した測定が可能となる。すなわち、一つの光ファイバを用いた場合は、そのファイバで受光した光量の増減とカンチレバー1の変位とを対応させることになる。しかしながら、これでは、外乱（例えば照射量自体の変化やノイズ）により誤差が発生する。また、カンチレバー1の変位がある程度以上に大きくなると、受光量の減少により、それ以上の変位を検出することができなくなる。この実施形態によれば、二つの光ファイバを用いているので、外乱を打ち消すことができ、一つの光ファイバを用いた場合に較べて、測定誤差を減少させることができる。さらには、この実施形態によれば、測定できるカンチレバー1の変位の範囲を増大させることもできる。

[0032] また、この実施形態では、レンズ41として、二つの球形状レンズ411および412を用いているので、カンチレバー1からの反射光を光ファイバ421および422にそれぞれ集光させて入力することができる。しかも、両レンズ411および412の対向面が略平面状とされ、かつ隣接されているので、その設置空間を小さくすることができるという利点がある。

実施例 1

[0033] 前記実施形態のSPMをAFMとして用いて、下記条件の下で測定を行った。結果を図2に示す。

[0034] （測定条件）

コントローラ:JOEL社製JSTM4200D

光源:波長680nmのレーザダイオード(HL6738MG、日立製)

入力用導光体:シングルモード光ファイバ(FS-SN-3224、3M製)

入力用レンズ:外径1mmの平凸レンズ(45589-E、Edmund industrial optics製)

入力用レンズの焦点距離:約3mm

カンチレバー及び探針:AC-mode Siカンチレバー(NSC12C、 μ mash社製)

カンチレバーから受光用レンズまでの距離:約3mm

球形状レンズ(受光用):45538-E、Edmund industrial optics製を加工

出力用導光体:マルチモードファイバ(FIP100110125、Polymicro Technologies社製)

受光素子:SiPINフォトダイオード(S7797、浜松フォトニクス社製を差動検出器として使用)

試料: SrTiO_3 基板(単位格子ステップを有する)

試料の測定範囲: $5\mu\text{m} \times 5\mu\text{m}$

[0035] この条件下において、図2に示されるトポ像を得ることができた。ステップ-テラス構造が観察できる。測定できる振幅は、0.4オングストローム以下も可能となっている。

[0036] なお、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

[0037] 例えば、レンズ41の代わりに他の集光機構、例えば透明な錐体を用いても良い。また、レンズ41を用いなくとも良い。この場合は、出力用導光体42の一端をカンチレバー1に十分近づける必要がある。

[0038] 同様に、レンズ33の代わりに他の集光機構を用いたり、その設置を省略することも可能である。後者の場合は、入力用導光体32の先端をカンチレバー1に十分近づける必要がある。

[0039] レンズ41等の設置を省くことができれば、装置を小型化でき、光学系が単純となるので、カンチレバー1を試料に対して移動させることが一層容易となる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]本発明の一実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡の概略的な構成を示す説

明図である。

[図2]本発明の一実施例による測定結果を示す写真である。

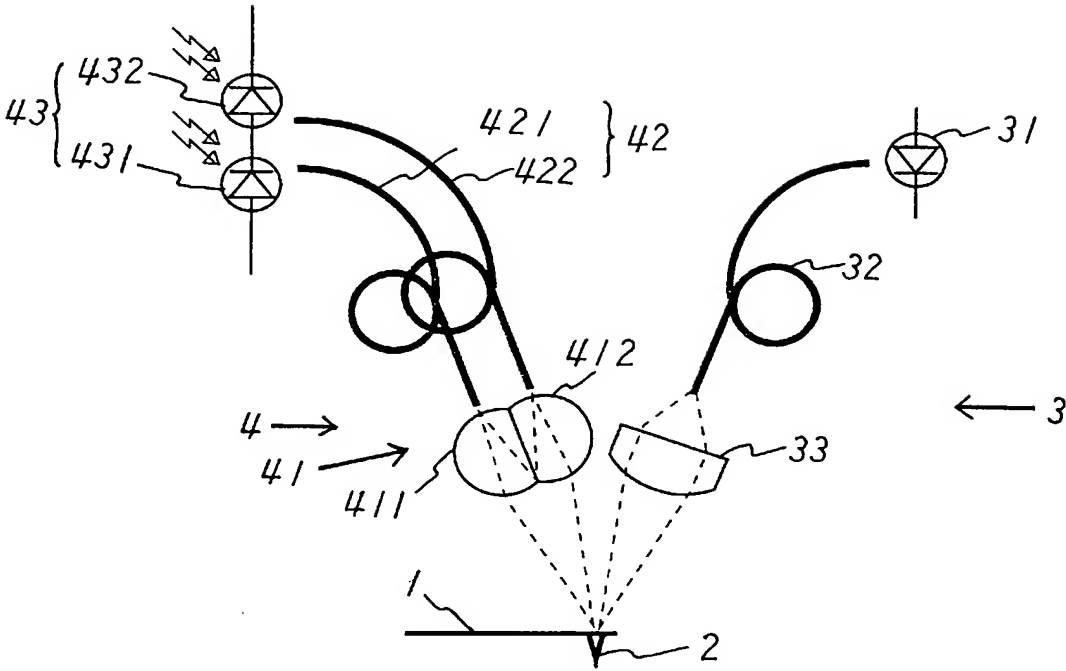
符号の説明

- [0041]
- 1 カンチレバー
 - 2 探針
 - 3 発光部
 - 31 発光素子(レーザダイオード)
 - 32 入力用導光体(光ファイバ)
 - 33 レンズ
 - 4 受光部
 - 41 レンズ
 - 411・412 球形状レンズ
 - 42 出力用導光体
 - 421・422 光ファイバ
 - 43 受光素子
 - 431・432 フォトダイオード

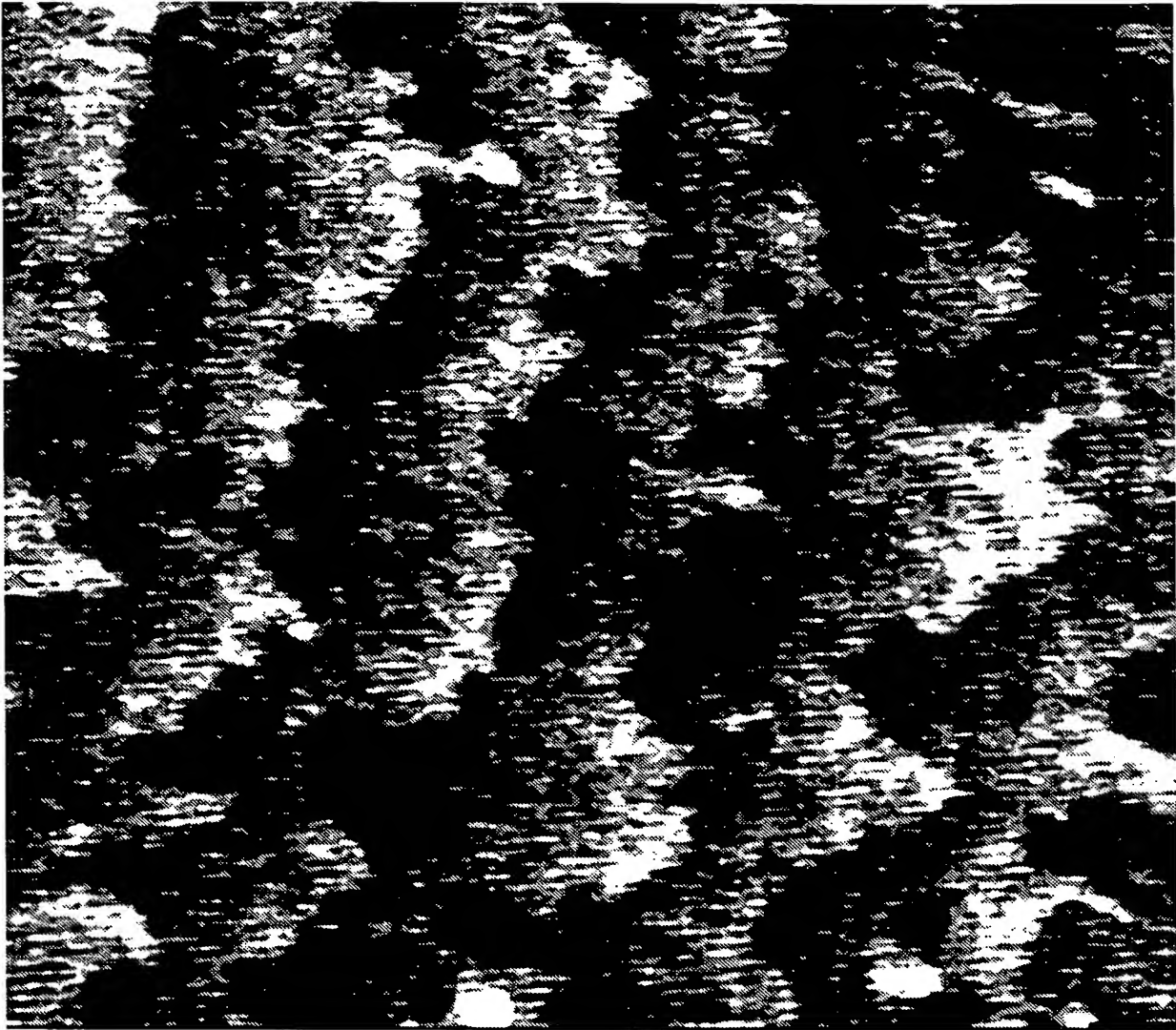
請求の範囲

- [1] カンチレバーと、発光部と、受光部とを備え、前記発光部は、発光素子と入力用導光体とを備え、前記入力用導光体は、前記発光素子からの光を前記カンチレバーの表面に向けて照射する構成となっており、前記受光部は、出力用導光体と受光素子とを備え、前記出力用導光体は、前記表面で反射した前記光を前記受光素子に導く構成となっていることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。
- [2] 前記入力用導光体および出力用導光体は、いずれも光ファイバにより構成されていることを特徴とする請求項1に記載の走査型プローブ顕微鏡。
- [3] 前記出力用導光体は、複数の光ファイバにより構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の走査型プローブ顕微鏡。
- [4] 前記複数の光ファイバの先端には、前記カンチレバーからの反射光を前記複数の光ファイバにそれぞれ集光するための略球形状のレンズがそれぞれ配置されており、前記レンズどうしの対向面は、ほぼ平面状とされ、かつ、互いに隣接されていることを特徴とする請求項3に記載の走査型プローブ顕微鏡。
- [5] 前記カンチレバーの先端には探針が取り付けられていることを特徴とする請求項1〜4のいずれか1項に記載の走査型プローブ顕微鏡。
- [6] 前記発光素子はレーザダイオードであることを特徴とする請求項1〜5のいずれか1項に記載の走査型プローブ顕微鏡。
- [7] 前記受光素子はフォトダイオードであることを特徴とする請求項1〜6のいずれか1項に記載の走査型プローブ顕微鏡。

[図1]



[[2]]



BEST AVAILABLE COPY

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01N13/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01N13/10-13/24Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JOIS (JICST FILE)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y | JP 8-170906 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 July, 1996 (02.07.96), Par. No. [0017]; all drawings (Family: none) | 1-3, 5-7 |
| Y | JP 5-52546 A (Ricoh Co., Ltd.), 02 March, 1993 (02.03.93), Par. No. [0003]; Fig. 10 (Family: none) | 1-3, 5-7 |
| Y | JP 10-142241 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 29 May, 1998 (29.05.98), Par. Nos. [0043] to [0049]; Fig. 7 (Family: none) | 1-3, 5-7 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 November, 2004 (15.11.04)Date of mailing of the international search report
07 December, 2004 (07.12.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010608

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y | JP 2003-98061 A (Zaidan Hojin Rikogaku Shinkokai), 03 April, 2003 (03.04.03), Par. Nos. [0043] to [0046]; Fig. 6 (Family: none) | 1-3, 5-7 |
| A | JP 2001-324440 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 12 November, 2001 (12.11.01), Par. Nos. [0047] to [0055]; Fig. 2 (Family: none) | 4 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N13/16

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01N13/10 - 13/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS (JICSTファイル)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| Y | JP 8-170906 A (株式会社リコー) 1996. 07. 02、 【0017】、全図 (ファミリーなし) | 1-3, 5-7 |
| Y | JP 5-52546 A (株式会社リコー) 1993. 03. 02、 【0003】、【図10】 (ファミリーなし) | 1-3, 5-7 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15. 11. 2004

国際調査報告の発送日

07.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

遠藤 孝徳

2J

3210

電話番号 03-3581-1101 内線 3251

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| Y | JP 10-142241 A (オリンパス光学工業株式会社) 1998. 05. 29、 【0043】～【0049】、【図7】 (ファミリーなし) | 1-3, 5-7 |
| Y | JP 2003-98061 A (財団法人 理工学振興会) 2003. 04. 03、 【0043】～【0046】、【図6】 (ファミリーなし) | 1-3, 5-7 |
| A | JP 2001-324440 A (オリンパス光学工業株式会社) 2001. 11. 12、 【0047】～【0055】、【図2】 (ファミリーなし) | 4 |